Д. Ю. Руди
ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»
(г. Омск, Россия)
М. В. Попова, С. И. Петров
Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
(г. Омск, Россия)

ГРУБАЯ ПОГРЕШНОСТЬ И КРИТЕРИИ ИХ ИСКЛЮЧЕНИЯ

Опыт показывает, что вследствие неточности измерительных приборов, несовершенства наших органов чувств, неполноты наших знаний, трудности учета всех побочных явлений, при многократном повторении одного и того же измерения получаются разные числовые значения изучаемой физической величины. Так бывает, даже если измерения производить в совершенно одинаковых условиях (равноточные измерения). При практическом использовании результатов тех или иных измерений возникает вопрос об истинном значении изучаемой физической величины, о точности измерения [1].

Грубые погрешности измерений - случайные погрешности измерений, существенно превышающие ожидаемые при данных условиях погрешности.

Грубые погрешности (промахи) обычно обусловлены неправильным отсчетом по шкале прибора, ошибкой при записи наблюдений, наличием сильно влияющей величины, неисправностью средств измерений и другими причинами. Как правило, результаты измерений, содержащие грубые погрешности, не принимаются во внимание, поэтому грубые погрешности мало влияют на точность измерения. Обнаружить промах бывает не всегда легко, особенно при единичном измерении; часто трудно бывает отличить грубую погрешность от большой по значению случайной погрешности. Если грубые погрешности встречаются часто, мы поставим под сомнение все результаты измерений. Поэтому грубые погрешности влияют на достоверность измерений [2].

При однократных измерениях обнаружить промах не представляется возможным. Для уменьшения вероятности появления промахов измерения проводят два-три раза и за результат принимают среднее арифметическое полученных отсчетов.

Оценка наличия грубых погрешностей решается методами математической статистики — статистической проверкой гипотез. Суть метода сводится к следующему. Выдвигается нулевая гипотеза относительно результата измерения, который вызывает некоторое сомнение и рассматривается как грубый промах в связи с большим отклонением от других результатов измерения. При этом нулевая гипотеза заключается в утверждении, что «сомнительный» результат в действительности принадлежит к возможной совокупности полученных в данных условиях результатов измерений, и получение такого результата вероятно [3].

Пользуясь определенными статистическими критериями, пытаются опровергнуть нулевую гипотезу, т. е. пытаются доказать ее практическую невероятность. Если это удается, то промах исключают, если нет — то результат измерения оставляют.

Выбор того или иного критерия основан на принципе практической уверенности. Для этого задаются достаточно малой вероятностью P того, что сомнительный результат действительно мог бы иметь место. Вероятность P называется уровнем значимости и обычно выбирается из ряда: 0,1; 0,05; 0,01 и т. д.

Для данного P определяют критическую область значений критерия проверки нулевой гипотезы. Если значение критерия попадает в эту область, то гипотеза отвергается.

Известен ряд критериев, которые позволяют исключить грубые промахи. К ним, в частности, можно отнести критерии «трёх сигм», Романовского, Шовене, Шарлье, Диксона. Эти критерии основаны на статических оценках параметров распределения, так как в большинстве случаев действительные значения параметров распределения неизвестны [1-4].

Критерий "трех сигм" применяется для погрешностейизмерений, распределенных по нормальному закону. По этому критерию считается, что результат, возникающий с вероятностью q < 0,003, маловероятен и его можно считать промахом, если $|\bar{x} - x_i| > 3\ \sigma_x$, где σ_x — оценка СКО измерений. Величины x и σ_x вычисляют без учета экстремальных значений x_i. Данный критерий надежен при числе измерений n > 20.

Это правило обычно считается слишком жестким, поэтому рекомендуется назначать границу цензурирования в зависимости от объема выборки: при
$6 < n < 100$ она равна $4\sigma_x$; при $100 < n < 1000$-$4{,}5\sigma_x$; при $1000 < n < 10000$-$5\sigma_x$. Данное правило также применимо только для нормального закона [5].

Критерий Романовского при n < 20. Вычисляют отношение

$$\left|\frac{\bar{x} - x_i}{\sigma}\right| = \beta$$

и полученное значение сравнивают с теоретическим β_T – при выбираемом уровне значимости P по таблице. Обычно выбирают P = 0,01…0,05 и если

$$\beta \geq \beta_T\ ,$$

то результат отбрасывают [5].

Таблица 1 – Значение критериев Романовского

q	n = 4	n = 6	n = 8	n = 10	n = 12	n = 15	n = 20
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Критерий Шовине применяется, если число измерений невелико n < 10. В этом случае промахом считается результат xi, если разность $|\bar{x} - x_i|$ превышает значение σ, приведенное ниже, в зависимости от числа измерений

$$|\bar{x} - x_i| \succ \begin{cases} 1{,}6\sigma & при \quad n = 3 \\ 1{,}7\sigma & при \quad n = 6 \\ 1{,}9\sigma & при \quad n = 8 \\ 2{,}0\sigma & при \quad n = 10 \end{cases}$$

Критерий Шарлье используется, если число наблюдений в ряду велико (n > 20). Тогда по теореме Бернулли число результатов, превышающих по абсолютному значению среднее арифметическое значение на величину $K_Ш \cdot \sigma_x$, будет $n[1 - \Phi(K_Ш)]$, где $\Phi(K_Ш)$ — значение нормированной функции Лапласа для $X = K_Ш$. Если сомнительным в ряду результатов наблюдений является один результат, то $n[1-\Phi(K_Ш)] = 1$. Отсюда $\Phi(K_Ш) = (n-1)/n$

Пользуясь критерием Шарлье, отбрасывают результат, для значения которого в ряду из n наблюдений выполняется неравенство $|x_i - \bar{x}| > K_Ш \cdot \sigma_x$.

Таблица 2 – Значения критерия Шарлье

n	5	10	20	30	40	50	100
$K_ш$	1,3	1,65	1,96	2,13	2,24	2,32	2,58

Критерий Диксона Z_q удобный и достаточно мощный (с малыми вероятностями ошибок). При его применении полученные результаты наблюдений записывают в вариационный возрастающий ряд x_1, x_2, . . ., x_n ($x_1 < x_2 < . . . < x_n$). Критерий Диксона определяется как $K_Д = (x_n - x_{n-1}) / (x_n - x_1)$. Критическая область для этого критерия $P(K_Д > Z_q) = q$.

Таблица 3 – Значение критерия Диксона

n	Z_q при q равном			
	0,10	0,05	0,02	0,01
4	0,68	0,76	0,85	0,89
6	0,48	0,56	0,64	0,70
8	0,40	0,47	0,54	0,59
10	0,35	0,41	0,48	0,53
14	0,29	0,35	0,41	0,45
16	0,28	0,33	0,39	0,43
18	0,26	0,31	0,37	0,41
20	0,26	0,30	0,36	0,39
30	0,22	0,26	0,31	0,34

Применение рассмотренных критериев требует внимательности и учета объективных условий измерений. Конечно, оператор должен исключить результат наблюдения с явной грубой погрешностью и выполнить новое измерение. Но он не имеет права отбрасывать более или менее резко отличающиеся от других результаты наблюдений. В сомнительных случаях лучше сделать дополнительные измерения и затем привлекать на помощь один из рассмотренных выше статистические критерии [2-5].

Список использованных источников

1. Петров, С.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / С.И. Петров. – Омск: ОИВТ (филиал), 2012. – 154 с.

2. Хромоин, П. К. Электротехнические измерения: учебное пособие / П.К. Хромоин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Форум, 2011. - 288 с.

3. Яблонский, О.П. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник / О.П. Яблонский, В.А. Иванова. – серия «Высшее образование». – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 448 с.

4. Горбоконенко В.Д.,Шикина В.Е. Метрология в вопросах и ответах. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 196 с.

5. Сергеев А.Г. Метрология. М: Логос, 2005. 272 с.